

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-217922  
 (43)Date of publication of application : 27.08.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
 C23C 16/50  
 H01L 21/314  
 H01L 21/3205

(21)Application number : 04-285333  
 (22)Date of filing : 29.09.1992

(71)Applicant : SIEMENS AG  
 (72)Inventor : STEINHARDT HEINZ  
 HIEBER KONRAD  
 GABRIC ZVONIMIR  
 BRAUN RAINER  
 TREICHEL HELMUTH  
 SPINDLER OSWALD  
 GSCHWANDTNER ALEXANDER

(30)Priority

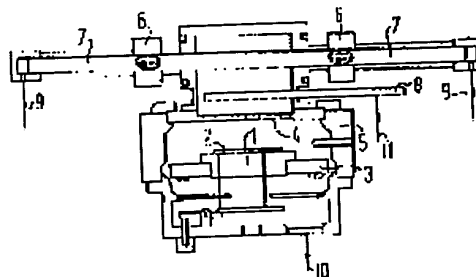
Priority number : 91 4132560 Priority date : 30.09.1991 Priority country : DE

## (54) LAYER DEPOSITION FROM VAPOR PHASE BY PLASMA DEPOSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the quality of a layer by a method, wherein a reaction gas for activated neutral particles is decomposed by microwave energy bonded with thermal energy, and activated particles are guided to a reactor and a reaction gas which is not excited is put additionally into the reactor and then a layer is deposited by plasma deposition with RF energy which is coupled with thermal energy.

CONSTITUTION: Reaction gases which are separately excited are together put into a reactor first. Besides processing gases, inactive gases can be excited in some cases. Inactive gases, such as argon and/or helium, are guided to a supply tube 7 through a supply tube 9 as in the case of processing gases. Gas which is not expected to be excited, such as silane, is supplied to a supply tube 8 through a supply tube 11. Gases other than those desired as reaction products are also generated, and these gases are exhausted by means of a pump 10. By this method, inactive gases can be excited separately under the most appropriate conditions.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.1999  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 31.05.2001  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-217922

(43)公開日 平成5年(1993)8月27日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/205		7454-4M		
C23C 16/50		7325-4K		
H01L 21/314		8518-4M		
21/3205				

審査請求 未請求 請求項の数5(全5頁)

(21)出願番号 特願平4-285333

(22)出願日 平成4年(1992)9月29日

(31)優先権主張番号 P4132560, 5

(32)優先日 1991年9月30日

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(71)出願人 390039413

シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
SIEMENS AKTIENGESSEL  
LSCHAFTドイツ連邦共和国 ベルリン 及び ミュ  
ンヘン (番地なし)

(72)発明者 ハイッツ シュタインハルト

オーストリア国 1100 ウィーン ヨハン  
ベルツアーガッセ 3

(72)発明者 コンラート ヒーバー

ドイツ連邦共和国 8011 ノイケフェルロ  
ー アムヘレンホルツ 10

(74)代理人 弁理士 宮村 深

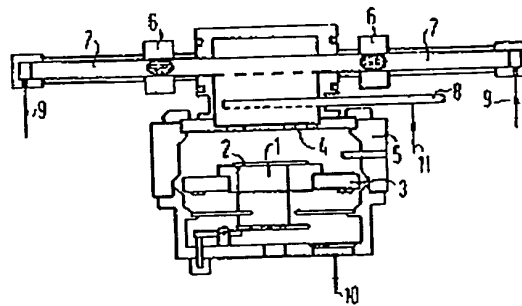
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマによる気相からの層析出方法

(57)【要約】

【目的】 集積半導体回路の製造の際に外部のマイクロ波励起により気相から層をプラズマにより析出するための方法(PECVD)を、層の安定性を高めるように改良する。

【構成】 析出反応から空間的に隔てられて、活性化された中性粒子への反応ガスの分解が入結合されたマイクロ波エネルギーにより励起され、また活性化された粒子が続いて反応器に導かれ、そのなかで、励起されない反応ガスの追加的導入のもとに、また小さい電力の高周波(RF)エネルギーの入結合のもとにプラズマによる析出反応が行われる。



(2)

特開平5-217922

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積半導体回路の製造の際に外部のマイクロ波励起により気相から層をプラズマにより析出するための方法において、析出反応から空間的に隔てられて、活性化された中性粒子への反応ガスの分解が入結合されたマイクロ波エネルギーにより励起され、また活性化された粒子が続いて反応器に導かれ、そのなかで、励起されない反応ガスの追加的導入のもとに、また小さい電力の高周波(RF)エネルギーの入結合のもとにプラズマによる析出反応が行われることを特徴とするプラズマによる気相からの層析出方法。

【請求項2】 少なくとも2種類の反応ガスの別々の励起が空間的に隔てられて少なくとも2つのマイクロ波源の使用のもとに行われ、また励起された反応ガスが最初に反応器のなかに所望の層を発生するために一緒に導かれることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 個々のマイクロ波源の電力がそのつど励起すべき反応ガスに適合するように別々に最適化されることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項4】 高周波(RF)エネルギーが容量結合により平行板反応器のなかに入結合され、その際にRF電力が約0.02~0.1W/cm<sup>2</sup>の範囲内に選定されることを特徴とする請求項1ないし3の1つに記載の方法。

【請求項5】 層の安定性を高めるために析出の間に材料が高周波(RF)エネルギーの入結合により圧縮されることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、集積半導体回路の製造の際に外部のマイクロ波励起により気相から層をプラズマにより析出するための方法(PECVD)に関する。

【0002】層技術の現状についてはウィットマン(D. Witman)、マダー(H. Mader)、およびフリードリッヒ(H. Friedrich)著「集積回路のテクノロジー」スプリングー出版、1988年、特に第3章を参照されたい。その第3.1.1節にはPECVD(プラズマ強化化学蒸着)による層形成のための方法も記載されているが、それはマイクロ波励起なしのものである。

【0003】析出技術は、リトグラフィ、エッチングおよびドーピング技術とならんで、シリコン基板から集積回路を製造するためのプロセスシーケンスで常に繰り返して使用される基本的なプロセスの1つである。同時に温度負荷を低くして、マイクロメートル範囲の垂直寸法およびサブマイクロメートル範囲の横方向間隔にしようというマイクロエレクトロニクスでのトポグラフィ要求に対しては現在使用されているプロセスの能力は限界に突き当たっている。

【0004】公知のように良好なエッジ被覆に通じる以

2

前からの気相析出(CVD)では、分解および基板における反応ガスの化学反応のための活性化エネルギーは簡単に400~900°Cのオーダーの高められた温度により供給される。この比較的高いプロセス特有の温度負荷はしばしばアルミニウム導体路、拡散領域および拡散バリアのような半導体デバイスの敏感な要素の損傷に通ずる。

【0005】温度に敏感なプロセス範囲のなかでも必要な層を有する層の形成を可能にするため、シリコンウェハの温度が層析出の際に300°C以下に下げられ得るように、気相析出の活性化および解除がプラズマにより助成されるPECVD技術が開発された。プラズマ励起周波数は通常はRF範囲(数kHzないし100MHz)内である。最近では、特に強力な励起に通じるマイクロ波周波数(数GHz)も使用される。PECVD法では現在一般に容量結合によりRF電力を入結合される平行板原理により構成されたプラズマ反応器が使用され、このことは結果として主に異方性の析出を伴う。その結果生じる層は確かに高い密度および温度安定性のようないくつかの良好な機械的および化学的特性を有するが、他方において、強い異方性の成分のゆえに、析出された層のエッジ被覆が特に狭いスリットにおいて不十分である。基板が析出中プラズマの影響範囲内に位置するPECVD法はさらに、荷電粒子による放射負荷を伴う。そのため起こり得る結果として、たとえば厚膜酸化物トランジスタの不安定な入力電圧があげられる。

【0006】熱的CVDの場合のような狭いスリットにおける類似の良好なエッジ被覆と低い析出温度での質的に価値の高い層とを同時に達成し得る、暗放電による反応ガスの外部励起を有する析出方法も知られている。通常の外部RFプラズマ源とならんで、オゾンにより活性化されかつ磁場により助成される方法も知られている。スガ(T. Sugano)著「VLSIテクノロジーへのプラズマプロセスの応用」、ウィレイ・インターサイエンス、ニューヨーク、1985年、第2.2.4節から、マイクロ波エネルギーを供給されるプラズマ放電による外部励起を有する方法であって、励起された粒子が輸送管を介して析出チャンバに供給され、そこで直接に反応のために利用される方法も知られている。

【0007】外部励起を有する前記の方法では、中性の粒子(ただしそれらのうち約1/1000は活性化されている)は荷電粒子にくらべて著しく長い寿命の結果として適当な供給管を介して反応器に到達する。荷電粒子および/または放射による基板の損傷はそれによりほぼ回避され得る。しかし、析出の間の基板へのイオン照射が行われないことは、他方において、析出される層の、現在の技術的要求から見てもはや許容可能ではないと思われる機械的および化学的安定性の低下に相当する。さらに、外部励起を有する方法の生産設備での使用にあたって問題となるのは、析出レートが非常に小さく、一般

に100nm/min前後であることである。オゾンにより行われるCVD被覆の際には析出レートは、酸素中の小さい可能なオゾン濃度のゆえに、安定な層を形成するために、この値に制限されている。RF法ではこの制限は主として、励起される粒子の小さい密度に起因している。外部のマイクロ波励起を有するこれまでの方法においても、励起される種の0.1ないし数100Paの所望の圧力範囲内の不変の高い割合は可能でない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、冒頭に記載した方法を前記の欠点に関して改良することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】この課題は、本発明によれば、冒頭に記載した種類の方法において、析出反応から空間的に隔てられて、活性化された中性粒子への反応ガスの分解が入結合されたマイクロ波エネルギーにより励起され、また活性化された粒子が続いて反応器に導かれ、そのなかで、励起されない反応ガスの追加的導入のもとに、また小さい電力の高周波(RF)エネルギーの入結合のもとにプラズマによる析出反応が行われることにより解決される。

【0010】本発明の実施態様は請求項2以下にあげられている。

【0011】本発明による方法では、1つまたはそれ以上の外部マイクロ波源が非常に小さい電力のRFプラズマと結び付けて使用される。励起された粒子は続いて適当な別々の導管、たとえば十分な断面を有するセラミック管を通じて反応器に供給される。基板における析出のために達成可能な励起される種の非常に高い密度は熱的活性化による効果に匹敵する。

【0012】

【実施例】以下、2つの実施例および図面により本発明を一層詳細に説明する。

【0013】図面にはプロセスチャンバ5を有する反応器が示されており、そのなかで被覆すべき基板2が、同時に基板電極1を形成する保持体の上に載っている。金属製の基板保持体はセラミック部分3に配置され、かつ取付けられていてよい。基板2の被覆すべき上面側にシャワーヘッド電極4が示されている。それと基板電極1との間に高周波電圧が印加され、またプラズマが点弧される。少なくとも2種類の反応ガスまたは反応ガス混合物の別々の、かつ空間的に隔てられた分解および励起が予定されているならば、これらは別々の供給管7および別々のマイクロ波プラズマ源6により行われる。供給管7は好ましくはセラミック管から形成される。別々に励\*

\* 起される反応ガスは先ず反応器のなかに一緒に導かれる。プロセスガスのほかに場合によっては不活性ガスも励起され得る。これらのガス、たとえばアルゴンおよび/またはヘリウムは本来のプロセスガス、たとえば窒素と同じく供給管9により供給管7に導かれる。励起のために予定されていないガス、たとえばシランの供給管8への供給は供給管11を介して行われる。反応生成物として所望のガス以外のガスも生じ、その吸い出しはポンプ10により行われる。

【0014】本発明による方法により、種々のプロセスガスまたは混合ガスおよび場合によっては不活性ガスを別々に最も望ましい条件のもとに励起することが可能となり、その際に個々のマイクロ波源の電力はそのつど励起すべきガスに適合するように別々に最適化され得る。

【0015】マイクロ波エネルギーにより特定の準安定状態に移され得る不活性ガスの使用により、ガス形式に応じて特定の値のエネルギーを基板の表面上に吸着された反応ガスの分子に伝達し、またそれによって特定の反応をひき起こすことが可能になる。これと対照的に、これまでは平行板反応器のなかで導入されたガスの分子が完全に不定に励起され、また分解もされ、それによって特定の化学反応がもはや可能でない。それに対して本発明による方法は技術的尺度で基板表面上での“分子エンジニアリング”を許す。

【0016】外部マイクロ波源のなかでのガスの主動起により中性の粒子のみが反応器のなかに到達する。非常に小さいRF電力による後励起は、他方において、形成される層に対して損傷には通じないごくわずかな放射負荷のみを呈する。容量結合により平行板反応器のなかに入結合される高周波エネルギーによる後励起のためには約0.02ないし0.1W/cmの範囲内のわずかな電力しか必要とされず、この電力で、弱いイオン衝突により内部の組織を強化するため、従ってまた層の安定性を高めるために完全に十分であるので、さもなければイオンにより生ずる損傷なしに、層の材料特性が顕著に改善される。与えられるRF電力はたかだか、通常の場合に板反応器に必要なRF電力の5%である。従ってRF電力は、基板の損傷または基板陥凹に通じるであろう臨界的エネルギーには到達しない範囲内にあると好適である。

【0017】実施例として以下にシリコン窒化物およびチタン窒化物のそれ自体は既に公知の析出に対するいくつかの重要な方法パラメータを示す。

【0018】

【表1】

シリコン窒化物

マイクロ波電力:

窒素流:

アルゴン、ヘリウム流:

700~850W

200~400sccm

20~150sccm

5	6
シラン流:	80~250 sccm
圧力:	$10^{-4} \sim 1.5 \cdot 10^{-4}$ Pa
温度:	200~400°C
RF電力:	0.02~0.1 W/cm <sup>2</sup>
析出レート:	400~800 nm/min
チタン窒化物	
マイクロ波電力:	700~850 W
窒素流:	200~400 sccm
アルゴン、ヘリウム流:	200~500 sccm
チタンテトラジメチルアミン流:	100~300 sccm
圧力:	$10^{-4} \sim 2.5 \cdot 10^{-4}$ Pa
温度:	200~500°C
RF電力:	0.02~0.1 W/cm <sup>2</sup>
析出レート:	300~600 nm/min

【0019】シランまたはチタンテトラメチルアミンのほかにすべてのガスが外部のマイクロ波源6により励起され、またセラミック管7を介して反応器のなかに導入される。シランまたはチタンテトラメチルアミンはシャワーヘッド電極4の前で他のガスと混合される。

【0020】実施例で説明されたN<sub>2</sub>およびSiH<sub>4</sub>からのシリコン窒化物の析出およびN<sub>2</sub>およびTi(N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)<sub>4</sub>からのチタン窒化物の析出では、公知の板反応器析出方法と異なり、放射負荷が非常にわずかであり、厚膜酸化物トランジスタのカットオフ電圧ドリフトを生ぜず、化学量論的にはほぼ理想的であり、水素含有量が非常にわずかであり、また層内の機械的歪みが非常に小さい。

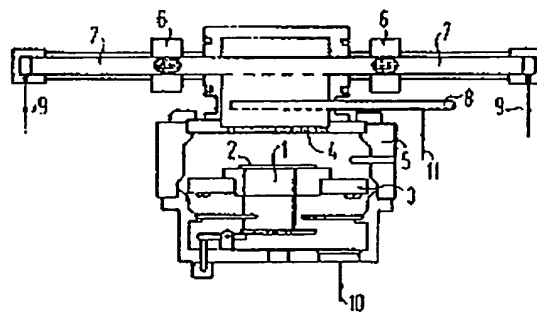
\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による析出を実施するための装置の概要断面図。

【符号の説明】

- 1 基板電極
- 2 基板
- 3 セラミック部分
- 4 シャワーヘッド電極
- 6 マイクロ波プラズマ源
- 7~9 供給管
- 10 ポンプ
- 11 供給管

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 ツフオニミール ガブリーク  
ドイツ連邦共和国 8011 ツオルネディン  
グ ヘルツォーク・ルードルフ・ヴェーク

(72)発明者 ライナー ブラウン  
ドイツ連邦共和国 8000 ミュンヘン 90  
クライnfエルトシユトラッセ 2

(5)

特開平5-217922

(72)発明者 ヘルムート トライヒエル  
ドイツ連邦共和国 S902 ノイゼス ロー  
ワルトシュトラッセ 57

(72)発明者 オスワルト シュビンドラ  
ドイツ連邦共和国 S011 ファーターシュ  
テツテン ロルチングシュトラッセ 16  
(72)発明者 アレクサンダー ゲシユワントナー  
ドイツ連邦共和国 8000 ミュンヘン 21  
エルゼンハイマー シュトラッセ 18